

明細書

X線管調整装置、X線管調整システム及びX線管調整方法

技術分野

本発明は、X線管調整装置、X線管調整システム及びX線管調整方法に関するものである。

背景技術

X線検査装置を用いて非破壊検査をする際、X線発生源であるX線管において電子ビームがターゲットに衝突するときの焦点が適切なレベルに絞られていないと、撮像面に半影ができ、画像がぼやけてしまう。X線管（開放管）において当初は焦点が適切なレベルに絞られるように集束レンズが調整されていても、フィラメント又はターゲットが交換された際にフィラメント又はターゲットの位置がずれることによって焦点が広がることがある。また、X線管のターゲットに印加される管電圧を変更した場合にも、焦点が最適焦点よりも広くなることがある。このような場合の対処として、従来は、保守員がX線検査装置のモニターに現れる画像が絶対的に鮮明になるように集束レンズを調整していた。

発明の開示

しかしながら、従来のX線管の調整方法（集束レンズの調整方法）には、集束レンズを最適に調整するのが困難であるという問題点があった。

本発明は、上記問題を解決するためになされたものであり、集束レンズを最適に調整するのを容易にするX線管調整装置、X線管調整システム及びX線管調整方法を提供することを目的とする。

上記目的を達成するために、本発明のX線管調整装置は、X線管を遠隔調整するX線管調整装置であって、X線管と撮像装置とを備えたX線検査装置によりX線管のターゲットにおける電子ビームの焦点径が所定の値になるように調整された状態において撮像された一定のパターンが刻まれた被撮像体の初期画像を、予め格納する格納手段と、X線検査装置により焦点径の調整時に撮像される被撮像

体のテスト画像を、通信回線を介して取得する取得手段と、格納手段に格納された初期画像と、取得手段により取得されたテスト画像とを比較可能な態様で提示する提示手段とを備えたことを特徴とする。

5 本発明のX線管調整装置においては、格納手段に格納された初期画像（X線管のターゲットにおける電子ビームの焦点径が所定の値になるように調整された状態において撮像された被撮像体の画像）と、取得手段により通信回線を介して取得されたテスト画像（焦点径の調整時に撮像される被撮像体の画像）とが、提示手段により比較可能な態様で提示される。そのため、提示手段により提示される両者の画像におけるパターン部分とその周辺部とのコントラストの違いから、焦点径の調整時（テスト画像が撮像されたとき）の焦点が、上記の調整された状態における焦点と比して、どの程度広がっているのかを知ることができ、さらには焦点径を上記の所定の値にするための集束レンズの調整値を知ることができる。その結果、集束レンズを最適に調整するのが容易になる。

15 本発明のX線管調整装置は、X線管における電子ビームのビーム径を調整する集束レンズを、通信回線を介して操作する操作手段を備えたことが好適である。

通信回線を介して集束レンズを操作する操作手段を備えるので、保守員がX線管の設置場所に赴かなくても、遠隔操作により集束レンズを操作することが可能になる。

20 上記目的を達成するために、本発明のX線管調整システムは、X線管を遠隔調整するX線管調整システムであって、X線管と撮像装置とを備えたX線検査装置と、X線検査装置によりX線管のターゲットにおける電子ビームの焦点径が所定の値になるように調整された状態において撮像された一定のパターンが刻まれた被撮像体の初期画像を、予め格納する格納手段と、X線検査装置により焦点径の調整時に撮像される被撮像体のテスト画像を、通信回線を介して取得する取得手段と、格納手段に格納された初期画像と、取得手段により取得されたテスト画像とを比較可能な態様で提示する提示手段とを備えたX線管調整装置とを有し、X

線検査装置と、X線管調整装置とが、通信回線を介して接続されたことを特徴とする。

5 本発明のX線管調整システムにおいては、格納手段に格納された初期画像（X線管のターゲットにおける電子ビームの焦点径が所定の値になるように調整された状態において撮像された被撮像体の画像）と、取得手段により通信回線を介して取得されたテスト画像（焦点径の調整時に撮像される被撮像体の画像）とが、提示手段により比較可能な態様で提示される。そのため、提示手段により提示される両者の画像におけるパターン部分とその周辺部とのコントラストの違いから、焦点径の調整時（テスト画像が撮像されたとき）の焦点が、上記の調整された状態における焦点と比して、どの程度広がっているのかを知ることができ、さらには焦点径を上記の所定の値にするための集束レンズの調整値を知ることができる。その結果、集束レンズを最適に調整するのが容易になる。

15 上記目的を達成するために、本発明のX線管調整方法は、X線管を遠隔調整するX線管調整方法であって、X線管と撮像装置とを備えたX線検査装置によりX線管のターゲットにおける電子ビームの焦点径が所定の値になるように調整された状態において撮像された一定のパターンが刻まれた被撮像体の初期画像を、予め格納手段に格納しておき、取得手段が、X線検査装置により焦点径の調整時に撮像される被撮像体のテスト画像を、通信回線を介して取得する取得ステップと、提示手段が、格納手段に格納された初期画像と、取得手段により取得されたテスト画像とを比較可能な態様で提示する提示ステップとを含むことを特徴とする。

20 また、本発明のX線管調整方法の別の側面は、X線管と撮像装置とを備えたX線検査装置によりX線管のターゲットにおける電子ビームの焦点径が所望の状態になるように調整された状態において撮像された一定のパターンが刻まれた被撮像体の初期画像を、X線管の識別情報と紐付けて格納手段に格納しておき、X線管の部品を交換した際にX線検査装置により被撮像体のテスト画像を撮像する撮像ステップと、X線管の識別情報と紐付けられた初期画像を格納手段から取り出

して、テスト画像と比較可能な態様で提示する提示ステップとを含むことを特徴とする。

本発明のX線管調整方法においては、格納手段に格納された初期画像（X線管のターゲットにおける電子ビームの焦点径が所定の値になるように調整された状態において撮像された被撮像体の画像）と、テスト画像（焦点径の調整時に撮像される被撮像体の画像）とが、提示ステップにおいて比較可能な態様で提示される。そのため、提示ステップで提示される両者の画像におけるパターン部分とその周辺部とのコントラストの違いから、焦点径の調整時（テスト画像が撮像されたとき）の焦点が、上記の調整された状態における焦点と比して、どの程度広がっているのかを知ることができ、さらには焦点径を上記の所定の値にするための集束レンズの調整値を知ることができる。その結果、集束レンズを最適に調整するのが容易になる。

本発明のX線管調整方法は、操作手段が、X線管における電子ビームのビーム径を調整する集束レンズを、通信回線を介して操作する操作ステップを含むことが好適である。

通信回線を介して集束レンズを操作する操作ステップを含むので、保守員がX線管の設置場所に赴かなくても、遠隔操作により集束レンズを操作することが可能になる。

図面の簡単な説明

図1は、X線管1の構造を示す模式図（断面図）である。

図2は、第1実施形態のX線管調整システムを説明する図である。

図3は、スリット板5の側面及び正面を示す図である。

図4Aは、提示部76により提示される初期画像及び初期画像における輝度を表す画像を示す。

図4Bは、提示部76により提示されるテスト画像及びテスト画像における輝度を表す画像を示す。

図5は、X線管1のフィラメントを交換してから焦点径を最小化させるまでの処理手順を示すフローチャートである。

図6は、第2実施形態のX線管調整システムを説明する図である。

発明を実施するための最良の形態

5 以下、添付図面を参照して、本発明のX線管調整装置、X線管調整システム及びX線管調整方法の好適な実施形態について詳細に説明する。

(第1実施形態)

10 まず、本実施形態のX線管調整システムにより調整されるX線管1の構造及び動作を説明する。図1は、X線管1の構造を示す模式図(断面図)である。図1に示すように、X線管1は、金属製外囲器11、ステム12及びベリリウム窓13で構成される外郭により密閉される。X線管1は真空ポンプ14を備え、X線管1を作動させるに先立って真空ポンプ14により外郭内部の気体が排気される。

15 X線管1は、外郭の内部に、通電されることにより熱電子を放出するフィラメント110、熱電子をフィラメント側に押し戻す第1グリッド電極120、熱電子をターゲット側に引っ張る第2グリッド電極130、電子ビームのビーム軸の位置を調整するアライメントコイル部140、電子ビームのビーム径を調整するフォーカスコイル部(集束レンズ)145及び熱電子が衝突することによりX線を発生させるタングステン製のターゲット150を備える。フィラメント110からターゲット150に向かって、第1グリッド電極120、第2グリッド電極130、アライメントコイル部140、フォーカスコイル部145の順に配置に
20 され、第1グリッド電極120及び第2グリッド電極130は、それぞれ、中心に熱電子を通過させるための開口部120a及び開口部130aを備える。

 X線管1は、ターゲット150に正の高電圧を印加するための高電圧発生回路を含む、電源15を備える。

25 X線管1は、X線管1とコントロールケーブル16で接続されたX線管コントローラ2により制御される。

フィラメント 110 は、所定の電圧が印加され、通電することにより熱電子を放出する。第 1 グリッド電極 120 に印加される電圧がカットオフ電圧から動作電圧に上がると、フィラメント 110 から放出された熱電子は、フィラメント 110 よりも高電位の第 2 グリッド電極 130 に引っ張られることにより、第 1 グリッド電極 120 の開口部 120a を通過する。さらに、熱電子は、ターゲット 150 に印加された管電圧により加速されながら第 2 グリッド電極 130 の開口部 130a を通過し、正の高電圧が印加されたターゲット 150 へ向かう電子ビームとなる。

電子ビームは、アライメントコイル部 140 により電子ビームの進行方向に垂直な方向に形成される磁界を通過する際、電磁偏向により X 線管 1 の中心を通るようにビーム軸の位置が調整される。さらに、電子ビームは、フォーカスコイル部 145 によってビーム径が収縮される。フォーカスコイル部 145 により集束された電子ビームがターゲット 150 に当たると、ターゲット 150 は X 線を発生させる。X 線は、ベリリウム窓 13 を通過して、X 線管 1 の外部に出射する。ターゲット 150 が発生させる X 線の強さは、管電圧の高さ及び管電流の大きさにより決定される。また、電子ビームがターゲット 150 に当たるときの焦点径は、フォーカスコイル部 145 の磁界強度（すなわち、フォーカスコイル部 145 に流れる電流の大きさ）と、管電圧の高さにより変化する。

次に、本実施形態の X 線管調整システムの機能的構成を説明する。図 2 は、第 1 実施形態の X 線管調整システムを説明する図である。図 2 に示すように本実施形態の X 線管調整システムは、X 線管 1、X 線管コントローラ 2 及び撮像装置 3 により構成される X 線検査装置 4 並びに X 線管調整装置 7 を備える。X 線検査装置 4 はユーザの元に、X 線管調整装置 7 は X 線管の保守管理業者の元に設置され、両者はインターネットなどの通信回線を介して接続されている。

撮像装置 3 は、撮像面 32 を備え、X 線管 1 の発する X 線が照射されることにより撮像面 32 上に現れる被撮像体の映像を撮像する。撮像装置 3 は、ケーブル

36によりX線管コントローラ2と接続される。

X線管コントローラ2は、コントロール部22及び通信部24を備える。コントロール部22は、主電源スイッチ、X線照射スイッチ、管電圧調整部、管電流調整部等を備え、X線管1におけるフィラメントの通電、第1グリッド電極に印
5 加される電圧（カットオフ電圧、動作電圧）の切り替え、管電圧及び管電流の調整等を制御する機能を有する。通信部24は、撮像装置3により撮像された被撮像体の画像をX線管調整装置7の取得部74に送信し、X線管調整装置7の操作部78からの制御命令を受信してコントロール部22に伝達する機能を有する。

本実施形態では、被撮像体としてスリット板5がX線検査装置4にセットされる。図3は、スリット板5の側面及び正面を示す図である。スリット板5は、X線
10 線を透過させにくい材質により構成され、中央部に3本のスリット（パターン）54が刻まれおり、スリット54の間には残余領域56が形成されている。

X線管調整装置7は、格納部72、取得部74、提示部76及び操作部78を備える。格納部72には、出荷時の状態のX線管1（出荷時には、焦点径が初期
15 管電圧の下で最適な値になるようにフォーカスコイル部145の電流値が設定されている。）をX線発生源とするX線検査装置4により撮像されたスリット板5の画像（初期画像）が格納されている。取得部74は、X線管コントローラ2の通信部24により送信される被撮像体の映像、X線管1の管電流値等の情報を取得する機能を有する。提示部76は、初期画像及び初期画像における輝度を表す画
20 像並びにテスト画像及びテスト画像における輝度を表す画像（詳細は後述する。）を同時に（比較可能な態様で）提示する機能を有する。操作部78は、通信回線を介して、X線管1のアライメントコイル部140及びフォーカスコイル部145の電流値を調整する機能を有する。

図5は、X線管1のフィラメントを交換してから焦点径を最小化させるまでの
25 処理手順を示すフローチャートである。図5を参照して、X線管1のフィラメントを交換してから焦点径を最小化させるまでの処理手順を説明する。まず、ユー

ザがカソードを交換する（S 5 0 1）。ユーザは、カソードの交換後最初にX線管 1 を使用するとき、真空ポンプ 1 4 でX線管 1 を排気し（S 5 0 3）、X線管 1 をウォーミングアップする（S 5 0 5）。

5 X線管 1 のフィラメント 1 1 0 又はターゲット 1 5 0 を交換すると、交換されたフィラメント 1 1 0 又はターゲット 1 5 0 の位置がずれることにより、電子ビームのビーム軸がずれ、その結果管電流が小さくなることがある。X線管調整装置 7 は、X線管 1 の管電流を最大化させるようにアライメントコイル部 1 4 0 の電流値を増減させて電子ビームのビーム軸の位置を自動調整する。保守員は、撮像装置 3 が検出するX線の強度から電子ビームのビーム軸の位置合わせが適切に
10 なされたことを確認する（S 5 0 7）。

また、交換されたフィラメント 1 1 0 又はターゲット 1 5 0 の位置がずれることにより、電子ビームの焦点が広がることがあるが、次の処理により焦点径が最小化される。X線検査装置 4 のユーザが、上記の初期画像を撮像したときと同じ位置にスリット板 5 をセットした上、これを撮像する（S 5 0 9）。ここで得られたスリット板 5 の画像（テスト画像）は、X線管コントローラ 2 の通信部 2 4 に
15 よりX線管調整装置 7 の取得部 7 4 へ送信される。

X線管調整装置 7 の取得部 7 4 がテスト画像を取得すると、提示部 7 6 が格納部 7 2 に格納されている初期画像及び初期画像における輝度を表す画像と、テスト画像及びテスト画像における輝度を表す画像とを同時に（比較可能な態様で）
20 提示する（S 5 1 1）。図 4 A は、提示部 7 6 により提示される初期画像及び初期画像における輝度を表す画像を示す。図 4 B は、テスト画像及びテスト画像における輝度を表す画像を示す。図 4 A において、 a_1 部は初期画像（スリット部分の長さ方法に対して垂直な方向を x 方向とし、スリット部分の長さ方向を y 方向とする。）を示し、 a_2 部は初期画像の中心を通り x 方向に平行な線（4 a 線）における輝度を表す。初期画像には、中央部に、スリット 5 4 に相当するスリット部
25 7 6 4 a 及び残余領域 5 6 に相当する残余領域部（周辺部）7 6 6 a が現れる。

a_2 部では、中央部に、スリット部 7 6 4 a に対応する輝度の高い箇所と残余領域部 7 6 6 a に相当する輝度の低い部分が現れる。

図 4 B において、 b_1 部はテスト画像を示し、 b_2 部はテスト画像の中心を通り x 方向に平行な線（4 b 線）における輝度を表す。 b_1 部及び b_2 部に現れる画像は、 a_1 部及び a_2 部に現れる画像と同様のものであるが、スリット部と残余領域部とのコントラストは a_1 部及び a_2 部に現れたものよりも小さくなる。すなわち、 b_2 部におけるスリット部 7 6 4 b に対応する最も高い輝度と、残余領域部 7 6 6 b に対応する低い輝度との差 Δb は、 a_2 部におけるスリット部 7 6 4 a に対応する最も高い輝度と、残余領域部 7 6 6 a に対応する低い輝度との差 Δa と比べて、小さくなる。初期画像が撮像される際には X 線管 1 における電子ビームの焦点が最適なレベルに絞られているので、スリット部 7 6 4 a（明部）と残余領域部 7 6 6 a（暗部）との輪郭が明確になる。これに対し、テスト画像が撮像される際には X 線管 1 における電子ビームの焦点が広がっているため、明部の周りに半影が生じる。そのため、スリット部 7 6 4 b（明部）と残余領域部 7 6 6 b（暗部）との輪郭が不明確になり、スリット部 7 6 4 b における輝度は相対的に低くなり、残余領域部 7 6 6 b における輝度は相対的に高くなる。

X 線管調整装置 7 では、提示部 7 6 により、上記に述べた初期画像及び初期画像における輝度を表す画像と、テスト画像及びテスト画像における輝度を表す画像とが同時に（比較可能な態様で）提示されるので、初期画像におけるスリット部 7 6 4 a と残余領域部 7 6 6 a とのコントラストと、テスト画像におけるスリット部 7 6 4 b と残余領域部 7 6 6 b とのコントラストとを比較することができ、両者のコントラストの違いから、焦点径の調整時（テスト画像が撮像されたとき）の焦点が、X 線管 1 の出荷時（焦点径が初期管電圧の下で最適な値になるようにフォーカスコイル部 1 4 5 の電流値が設定されているとき）の焦点と比して、どの程度広がっているのかを知ることができる。さらには、コントラストの比較、すなわち Δa と Δb との差から焦点径を最適な値にするためのフォーカスコイル

部 1 4 5 の電流値を算出することができ、自動フォーカス調整も可能になる。

操作部 7 8 により、フォーカスコイル部 1 4 5 の電流値が、上記により得られた焦点径を最適な値にするための電流値になるように、調整される (S 5 1 3)。

5 X線管 1 の管電圧が変更されたときにもターゲット 1 5 0 における電子ビームの焦点が広がることがある。この場合も、初期画像におけるスリット部 7 6 4 a と残余領域部 7 6 6 a とのコントラストと、テスト画像におけるスリット部 7 6 4 b と残余領域部 7 6 6 b とのコントラストとを比較することにより、最適焦点径に調整するためのフォーカスコイル部 1 4 5 の電流値を知ることができる。ただし、管電圧が変更されることにより照射される X 線の強度が変化するので、こ
10 れがテスト画像におけるスリット部 7 6 4 b と残余領域部 7 6 6 b とのコントラストに与える影響を考慮する必要がある。

次に、本実施形態の X 線管調整システムの効果を説明する。上記のとおり、X 線管調整装置 7 の提示部 7 6 が初期画像におけるスリット部 7 6 4 a と残余領域部 7 6 6 a とのコントラストと、テスト画像におけるスリット部 7 6 4 b と残余
15 領域部 7 6 6 b とのコントラストとを比較可能な態様で提示するので、保守員は、ユーザの元に赴かなくとも、提示部 7 6 により提示される情報から、焦点が最適なレベルに絞られた焦点よりどの程度広がっているのか容易に知ることができ、さらには最適焦点径を実現するために調整すべきフォーカスコイル部 1 4 5 の電流値を知ることができる。また、保守員は、ユーザの元に赴かなくとも、X 線管
20 調整装置 7 の操作部 7 8 を利用して遠隔操作でフォーカスコイル部 1 4 5 の電流値を調整することができる。その結果、少ない労力でフォーカスコイル部 1 4 5 を調整することができる。

(第 2 実施形態)

図 6 は、第 2 実施形態の X 線管調整システムを説明する図である。第 2 実施形
25 態では、保守員が X 線管 1 の設置場所に赴いてフィラメントの交換からフォーカス調整までの処理を行う。保守管理業者がユーザからフィラメント交換の依頼を

受けると、保守員がノートパソコン 8 を携帯して X 線管 1 の設置場所に赴く。保守員は、上記 S 5 0 1 ～ S 5 0 7 と同様の処理を行った後、ノートパソコン 8 を X 線管調整装置 7 に接続し、X 線管 1 の識別情報を送信する。X 線管調整装置 7 は、X 線管 1 の識別情報と紐付けて格納されている初期画像を格納部 7 2 から取り出してノートパソコン 8 へダウンロードする。続いて、保守員は、ノートパソコン 8 を X 線管コントローラ 2 に接続する。保守員は、ノートパソコン 8 の画面に初期画像及びテスト画像並びに両者の輝度情報を提示させて上記 S 5 0 1 ～ S 5 0 7 と同様の処理を行う。

産業上の利用可能性

10 本発明の X 線管調整装置、X 線管調整システム及び X 線管調整方法は、例えば医療用 X 線発生装置の調整に適用可能である。

請求の範囲

1. X線管を遠隔調整するX線管調整装置であって、
前記X線管と撮像装置とを備えたX線検査装置により前記X線管のターゲットに
おける電子ビームの焦点径が所定の値になるように調整された状態において撮像
5 された一定のパターンが刻まれた被撮像体の初期画像を、予め格納する格納手段
と、
前記X線検査装置により焦点径の調整時に撮像される前記被撮像体のテスト画像
を、通信回線を介して取得する取得手段と、
前記格納手段に格納された前記初期画像と、前記取得手段により取得された前記
10 テスト画像とを比較可能な態様で提示する提示手段と
を備えた
ことを特徴とするX線管調整装置。

2. 前記X線管における電子ビームのビーム径を調整する集束レンズを、通
信回線を介して操作する操作手段を備えたことを特徴とする請求項1記載のX線
15 管調整装置。

3. X線管を遠隔調整するX線管調整システムであって、
前記X線管と撮像装置とを備えたX線検査装置と、
前記X線検査装置により前記X線管のターゲットにおける電子ビームの焦点径が
所定の値になるように調整された状態において撮像された一定のパターンが刻ま
20 れた被撮像体の初期画像を、予め格納する格納手段と、
前記X線検査装置により焦点径の調整時に撮像される前記被撮像体のテスト画像
を、通信回線を介して取得する取得手段と、
前記格納手段に格納された前記初期画像と、前記取得手段により取得された前記
テスト画像とを比較可能な態様で提示する提示手段と
25 を備えたX線管調整装置と
を有し、

前記X線検査装置と、前記X線管調整装置とが、通信回線を介して接続されたことを特徴とするX線管調整システム。

4. X線管を遠隔調整するX線管調整方法であって、
前記X線管と撮像装置とを備えたX線検査装置により前記X線管のターゲットに
5 おける電子ビームの焦点径が所定の値になるように調整された状態において撮像
された一定のパターンが刻まれた被撮像体の初期画像を、予め格納手段に格納し
ておき、

取得手段が、前記X線検査装置により焦点径の調整時に撮像される前記被撮像体
のテスト画像を、通信回線を介して取得する取得ステップと、

10 提示手段が、前記格納手段に格納された前記初期画像と、前記取得手段により取
得された前記テスト画像とを比較可能な態様で提示する提示ステップと
を含む

ことを特徴とするX線管調整方法。

5. 操作手段が、前記X線管における電子ビームのビーム径を調整する集束
15 レンズを、通信回線を介して操作する操作ステップを含むことを特徴とする請求
項4記載のX線管調整方法。

6. X線管と撮像装置とを備えたX線検査装置により前記X線管のターゲッ
トにおける電子ビームの焦点径が所望の状態になるように調整された状態におい
て撮像された一定のパターンが刻まれた被撮像体の初期画像を、前記X線管の識
20 別情報と紐付けて格納手段に格納しておき、

前記X線管の部品を交換した際に前記X線検査装置により前記被撮像体のテスト
画像を撮像する撮像ステップと、

前記X線管の識別情報と紐付けられた初期画像を前記格納手段から取り出して、
前記テスト画像と比較可能な態様で提示する提示ステップとを含む

25 ことを特徴とするX線管調整方法。

7. 前記X線管における電子ビームのビーム軸の位置を調整するアライメン

- ト調整ステップと、
- 前記アライメント調整ステップに続いて、かつ前記撮像ステップに先立ち、前記被撮像体を前記初期画像を撮像したときと同じ位置に設置する設置ステップと、
- 前記提示ステップで提示された画像を参照しつつ、前記X線管のターゲットにおける電子ビームの焦点径が前記所望の状態になるように前記X線管の集束レンズを調整するフォーカス調整ステップとを更に含む
- 5 ことを特徴とする請求項6に記載のX線管調整方法。